

参考文献

1. 周代兴, 周运书, 周陈, 等. 燃煤型砷中毒病区居民总摄入量与病情的相关研究. 中国地方病学杂志, 1994, 13(4):215.
2. 张爱华, 黄晓欣, 蒋先瑶, 等. 贵州省燃煤型砷中毒研究进展. 中国公共卫生, 2000, 16(8):735-736.
3. Hu CJ, Zhang AH, Huang XX. Molecular pathology of skin carcinogenesis due to arsenicalism from coal-burning. *Arch Environ Health*. 2003, 58(2):92-96.
4. 张爱华, 洪峰, 黄晓欣, 等. 燃煤型砷中毒患者遗传损伤及癌变机理. 中国地方病学杂志, 2003, 22(1):12-15.
5. 黄晓欣, 张爱华, 杨大平, 等. 燃煤型砷中毒患者临床特征、多系统损害及其意义. 中国地方病学杂志, 2002, 21(6):490-493.
6. 洪峰, 张爱华, 黄晓欣. 燃煤型砷中毒皮肤病中细胞凋亡的作用. 中华预防医学杂志, 2002, 36(4):257.
7. 张爱华, 李健, 潘雪莉, 等. 砷中毒患者皮肤组织中DNA修复基因的表达变化. 中国地方病学杂志, 2005, 24(2):121-123.
8. 潘雪莉, 张爱华, 黄晓欣, 等. p16基因突变及甲基化在砷致癌中的作用. 中国地方病学杂志, 2005, 24(2):127-129.
9. 何云, 张爱华, 杨大平, 等. 银杏叶片治疗燃煤型砷中毒慢性肝损害的作用及其机制研究. 中国地方病学杂志, 2005, 24(2):210-213.

作者简介

张爱华, 教授, 博士生导师, 贵阳医学院公共卫生学院院长。从事毒理学和地方病学科研工作27年, 主要研究方向为地方性砷中毒和分子毒理学。兼任中国卫生部地方病专家咨询委员会委员、中国毒理学会理事、中国环境诱变剂学会理事、中华医学会地方病学会委员等。近年主持国家自然科学基金、卫生部、教育部及贵州省基金和国际合作项目13项; 获首届中华医学科技二等奖1项, 贵州省政府科技进步二等奖1项、三等奖2项, 军队科技进步三等奖2项以及获全国地方病防治先进个人奖。曾先后赴美国、法国、泰国学习、访问和交流。在国内外期刊发表学术论文100余篇。E-mail: aihuagy@yahoo.com.cn

进退维谷： 哥伦比亚研究小组的 深井计划

德国有一个谚语, *verschlimmbesserung*, 指的是良好的解决问题的意愿, 却最终使事情变得更糟糕或产生新问题。过去想要改善孟加拉国饮用水供应的种种努力就是一个典型的例子。30年前, 在这个备受贫困困扰的国家, 人们的饮用水主要来源于地表水, 它常常受到粪便病原体的污染, 导致痢疾、霍乱、伤寒和其它致命疾病的发生。1971年美国儿童基金组织倡议在恒河三角洲(Ganges Delta)淤积层内打手压井取水。作为一项值得赞赏的公共卫生策略, 该措施迅速降低了整个孟加拉国介水微生物疾病的发生。但是在上世纪90年代中期, 当地医生发现砷中毒和其它砷相关疾病的发生率急剧上升——这种趋势与饮水中富含天然非金属砷有关。

目前哥伦比亚大学的科学家设计出一个办法, 他们认为这可以作为解决孟加拉国砷危机整套计划的一部分。由 Lamont-Doherty 地球观测站资深研究员 Alexander van Geen、流行病学副教授 Habibul Ahsan 和 Mailman 公共卫生学院副院长 Joseph Graziano 率先提出的策略是在孟加拉国受砷污染的村庄中, 打社区深井并对井水进行监测。同时他们强调根据当地需要, 对社区村民进行培训和组织以确保饮用水水源的安全。

这一策略的提出是基于现场的数据收集和哥伦比亚大学受美国环境卫生科学研究院资助的 Superfund 基础研究项目的周密调查, Graziano 任这个项目的主任。该项目于2000年开展, 其目的是研究砷和铅的生物利用度、健康效应和地球化学。到目前为止, 该方案已包括了四个 Superfund 现场生物利用度和地球化学研究, 孟加拉国饮用水中砷的流行病学和地球化学研究、以及研发降低废水和饮用水中砷含量的实用方法。

公共卫生危机

van Geen 及其同事在 2003 年 81 卷第 9 期《世界卫生组织公告》(*Bulletin of the World Health Organization*)的文章中指出, 目前 97% 的孟加拉国人饮用水是来自本国内大约 1000 万口压把井。在孟加拉国南部的大部分地区, 及在稍微小的范围, 恒河的北部地区, 压把井通常是从 10~100 米处地下取水, 井水普遍受到砷污染。孟加拉国公共卫生工程部和英国

地质调查局在 2001 年公布的调查勾勒出不同 *upazillas* (区县下一级行政单元) 受砷污染的程度图。调查者推断有 3500 万孟加拉国人饮用水中砷浓度超过国家规定的 50 $\mu\text{g}/\text{L}$ 的标准, 有 5700 万人的饮用水中砷浓度超过世界卫生组织规定的 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ 的标准值。

在开展孟加拉国慢性砷暴露的研究调查之前, 哥伦比亚研究小组曾遭到美国和孟加拉国的伦理委员会置疑。“孟加拉国伦理委员会强烈认为, 我们不能只研究砷污染的现况, 而必须做一些事情以降低人群的砷暴露。” Graziano 说, “这也反应了国家研究评估委员会的观点, 降低人群砷暴露一直都是我们重要的信条。无论研究结果如何, 如果我们不能降低人群砷暴露, 那等于我们的工作是失败的。”

井水深挖

2000 年春季, Graziano, van Geen, Ahsan 和其他一些研究者在 Araihazar *upazila* 开始了一项试验性研究。Araihazar *upazila* 是一个砷暴露范围较广的区域。他们利用调查问卷收集家庭用水情况、对砷危险性的认知情况和一些当地人偏爱的井水安全的补救方法。利用掌上全球定位系统 (GPS) 给每口井定位, 几个月后研究小组开始招募当地居民进行前瞻性队列研究, 对 12000 名居民进行尿砷浓度测定, 这个数字相当于地区人口数的 17%。

他们发现近半数的井水砷浓度超过 50 $\mu\text{g}/\text{L}$ 的孟加拉国标准。此外, 还发现这个地区砷的分布呈现高度的空间差异性, 很难进行预测。村与村之间安全水井的分布比例相差也非常大。但高分辨率的 GPS 绘图可以帮助研究小组清楚地了解不同水井间空间差异的形式。

“我们很快意识到高砷水井和低砷水井在空间分布的差异性就是我们获得的最有价值的发现,” van Geen 说 “尽管砷分布的高度不均衡性会使干预活动



研究原因: Mailman 公共卫生学院的 Habibul Ahsan (左边着蓝色衬衫者), Joseph Graziano (中间左边, 着绿色衬衫者) 和 Paul Brandt-Rauf (中间右边, 着绿色衬衫者) 与孟加拉国 Araihazar 村的村民会面。



高科技探查低砷水井：哥伦比亚项目采用GIS绘图技术(上图)探索孟加拉国Araihazar村的水井砷浓度。对安全水井进行标记(右图)并鼓励村民使用安全水井的水作为饮用水和膳食用水。

复杂化，但很显然，这种地域分布的差异性也为我们进行补救提供了机会，这需要进行更全面的研究。为了降低居民的砷暴露，了解特定区域内砷含量高的水井比例以及井水深度与砷毒性的改变间的关系就显得很重要，因为从整个 *upazila* 获得的平均值与之有天壤之别。”

研究发现，平均有近90%的Araihazar居民生活在安全水井周围100米内，另一个更有价值的发现是65%的原先饮用不安全水井的居民对研究小组的试验和信息宣传作出了回应行动，改用附近安全水井的水。在几个月的实验中，先前12000名测定过尿砷的居民，尿液中的砷含量已经显著降低。

2001年，哥伦比亚研究小组在那些几乎所有水井砷浓度都超过 $50 \mu\text{g/L}$ 的村子中安装了7口社区水井。2年后，住在社区水井150米以内的79%的接受调查研究的居民都改用社区水井水来饮用和做饭。他们尿砷含量从先前的 $204 \mu\text{g/L}$ 降到了 $91 \mu\text{g/L}$ ，接近同地区饮用低砷井水居民 $70 \mu\text{g/L}$ 的尿砷含量。

最后，研究小组绘制了25平方公里区域内6000口压把井的砷浓度变化的空间等级图。在发表在2002年第80卷第9期的《世界卫生组织公告》的报告中，研究小组指出，虽然安全水井仅零星散布在不安全水井中，但共享使用安全水井的水可能是该地区，乃至孟加拉国暂时的、切实可行的选择方案。但是他们也引用了不太确切的例子，认为许多居民不会继续从距离相对远的安全井水中取水，特别是从别人的水井中取水(调查中大多数的水井都是私人拥有)。很可能，改用



安全水井只是一个短期的解决办法，可能很难在全国范围推广实施。

长远的解决方案

一个长期的解决办法似乎只能依赖于深层的地下水——这些地下水层的深度有时超过水井的深度——那里的水中砷浓度一直较低。这些大约形成于40000多年前的含水层为长期解决饮用水问题提供了理想水源，因为根据van Geen的观点以此为水源的水井不需要任何处理并且几乎不用维护。“现在对孟加拉国地质构造的充分认识可以确定在这个国家的许多地方300米深的水井就可以达到含砷低的水层，并且在其它许多地方不到300米的井水也会同样安全”，他说。幸运的是，大多数农村居住点，虽然钻井深度达不到含水层，但其中的砷的含量也一直很低，van Geen补充道。

哥伦比亚研究小组的策略主要集中在构建一个由经过培训的工作人员构成的网络，特别强调社区为基础的决策。在每个受到砷影响的村庄里选择一个人接受培训使用现场工具箱测定砷的含量，利用掌上GPS接收器给每口井定位，并通过掌上电脑输入现场数据。来自不同村庄的大约20名工作人员的工作小组把这些数字信息传给监控站，监控站可以通过无限电话连接到国家支持中心，并提交数据进行质量控制和分析。这些合作人员采用一个简单的决策框架去帮助村民制定计划以获得安全的水源，在每个村庄帮助他们确定最多5口社区水井的合适深度和位置。

私人企业也可能在水井建设、维护和运行中发挥重要作用。孟加拉国和其它国家的钻井公司

会提供人力和技术支持，非政府组织作为推动者，为社区、地方政府和地方商业部门构建关联，但政府必须提供资金。

Graziano 和 van Geen 预计修建10万口井的花费不会超过1亿美元(每个孟加拉国公民花费不到1美元)，这些井离绝大多数家庭都较近。“由于这会给公共卫生和经济带来效益，就整个花费而言这

个费用不是很高。”孟加拉国非政府组织农村发展委员会执行副主任Mushtaque Chowdhury说。

而且，该计划大部分成本的节省，来自于根据当地实际情况来制定方案。哥伦比亚研究小组已经证实因地制宜地挖掘社区水井与根据政策采取地毯式安置300米深的水井相比，能削减开支，Ahmed认为如果开始仅仅在高危险地区实施这项计划，该计划的花费可降低至三分之一。

“详细考虑当地的地质情况，重视低砷地下水的深度变化性，准确的绘制出这种变化，哥伦比亚科研小组的策略可以帮我们精确定位安全水井的位置”。达卡大学地质学教授、被称为里程碑的BGS/DPHE报告的合著者Kazi Matin Ahmed说“这是比治理高砷含量地下水或微生物污染地表水更有前景的选择。这项计划还强调连续监测，目前在孟加拉国缺少对水源的持续监测”。Ahmed提倡建立一个国家的水质监测项目，不仅监测砷，也对铅、锰、有机污染物及其它关心的污染物进行监测。

Graziano 认为，深井策略可以非常容易地控制饮水中砷浓度，以达到WHO规定的 $10 \mu\text{g/L}$ 的标准，这点非常重要。根据他的研究小组对成人和儿童的研究和其他流行病学证据显示，控制水中砷浓度在 $50 \mu\text{g/L}$ 的指南不足以保证公众的健康。Graziano 断言孟加拉国制定的砷浓度标准多多少少存在着一些武断，要经过一段长时间WHO的指南才能得到遵循。

多种方案的一种？

哥伦比亚研究小组的策略也受到了一些合理批评，例如哈佛大学物理学教授Richard Wilson

认为这项计划忽视了许多其它降低水砷浓度的方法，这些方法在2002年1月达卡召开的降低砷浓度国际专题讨论会上提出，而此次会议也是WHO为帮助孟加拉国解决砷问题而组织召开的。“会上提出的一些获得洁净水的备选方案，根据不同的地区有与之相适合的方法，每种方案具有各自的优势和不足，并且一些方案目前已经成功实施。”Wilson说。

Wilson还补充说，哥伦比亚研究小组提出的策略，或者还有其它别的方案都需要强化社区教育和参与，并且需要在全国范围内进行持续监测。这是一个非常困难的问题，并且妨碍我们已经取得的进展，使之很难执行。

Wilson强烈要求选择2002年1月会议上提出的降低砷浓度的备选方案，包括钻井、雨水收集和在家庭中采用诸如过滤等简单的砷去除技术。

尽管这些备选方案在技术上可行，但Graziano和van Geen认为大多数方案在经济不发

达的孟加拉国不能长期实施下去。“家庭过滤器每天需要人去清洁，并且肯定在某一天它会坏掉”Graziano说道。同时他认为雨水收集会成为某些地区有效降低砷浓度的一个选择方案，因此可以作为公用深井策略的后备或是补充方案。

Wilson也提及到另一个值得关注的问题：草率地实施任何策略都是危险的，他说：“例如深井策略，如果只是草率地安装并且不对其监测，会导致某些地区水源交叉污染。如果深层含水层受到砷污染，那么就会导致这项策略的失败。”

其它专家并不同意这一点。哥伦比亚项目水文地质学研究中心实验室主任Martin Stute说：“几乎不存在发生沿着水井保护套渗漏的危险性。恒河—雅鲁藏布江三角洲的细颗粒物沉淀物在水井装置周围会很快沉淀，实际上潜在的问题是在浅的含水层中流动的沉淀物会破坏水井保护套。”他认为定期的水砷测定可以发现这个问题，如果出现渗漏现象将会用黏土将水井填上并钻新井。“可

是目前为止的监测数据显示不大可能发生渗漏”。

与此同时，教育仍然是改变现状的关键。2003年哥伦比亚研究小组利用John E. Fogarty国际中心的资助启动孟加拉国降低砷中毒能力建设培训项目。在项目开展中，一些孟加拉国的在读博士或博士后可接受哥伦比亚研究小组的资助，在美国进行两年的卫生学、社会学和地球科学培训，然后在孟加拉国进行两年的现场培训。哥伦比亚大学的教授也来到孟加拉国开设环境卫生、GIS技术和地球化学的短期课程，最近，他们已同意在达卡新建立的公共卫生学院授课。

综上所述，Graziano认为，任何减少砷暴露的方案应考虑到尽快地让更多的受影响人群得到帮助。只有时间和进一步的研究可以判明哥伦比亚研究小组方案——或者其它别的方案——是否在孟加拉国可以有效实施。

—M. Nathaniel Mead

译自 EHP 113:A374–A377 (2005)

来自操场的砷

尽管一些国家已经禁止或严格限制使用铬化砷酸铜（CCA）作为木制品的防腐剂，但仍然有许多建筑材料在使用，例如现在美国70%的独家庭和14%的公共操场所都使用CCA处理过的木材。近年来，科学家已经在研究砷如何从CCA处理的木材中释放出来，但是他们只能通过测定CCA处理过的木结构周围土壤和沙中砷的浓度值来推测接触砷的水平。Alberta大学的Elena Kwon教授和他的同事报道了他们直接测定那些在操场上玩耍接触或未接触CCA处理过的木制品的儿童手上砷的污染量[EHP 112:1375–1380]。他们认为尽管在那些CCA处理过的木制品上玩耍会增加儿童手上砷的污染量，但只要这些小孩在玩耍后洗手就会避免CCA接触引起的健康危险性。

美国、加拿大和一些国家CCA处理过的木制品在过去的几十年里曾广泛的应用在操场设施、围栏和后院平台上。对这种木制品的禁止和限制使用很大程度上是因为它们可以释放铬和砷，对人的健康具有危险性。更严重的问题是儿童接触CCA处理过的木结构，而他们习惯于手-口接触，使他们可能摄入砷。尽管接触CCA处理过的木制品并不会释放出

70~170 mg，达到成人致死剂量，但摄入较低剂量的砷可导致一些肿瘤和疾病。

科学家测定130名在2003年8月5~21日去过加拿大埃德蒙顿16所公共操场的儿童手上砷的含量。参加本次研究的儿童全部是在随机化观察期间去这些操场，并且得到他们父母的同意参与该研究。这些儿童的平均年龄为4.75岁，在操场游玩的平均时间为1.25小时。

当每个儿童从操场出来，都要在Ziploc密闭袋中用去离子水冲洗手一分钟，每个儿童的洗手水和其中的泥、沙都会送到实验室单独地进行砷含量的测定。研究小组还收集了每个操场的沙、土样进行砷的测定。测定游乐设施周围样本可以了解这些木制品砷的释放量，而那些远离这些游乐设备的土样可以显示沙、土中砷的本底值。



来自操场的砷：儿童在经过处理的木质游乐设施上玩耍时，会接触到砷，但是通过洗手可以去除大部分沾染在手上的砷。

比较有和无CCA处理过的木制品的操场，研究小组并没有发现两组土壤/沙样品和儿童洗手获得的土壤/沙的样品中砷含量差异具有统计学意义。但是那些在CCA处理过的木制游乐设施周围环境玩耍的儿童洗手水中可溶性砷的含量平均为0.50 μg，是那些未接触这些设施儿童的5倍以上。

EPA研究显示消化道是砷进入机体引起相关疾病的主要途径，而非呼吸道和皮肤。是2~6岁的儿童无论他们手上积聚了什么，一般都会大约摄入一半的量。但是假设在此次的研究中发现即使儿童手上含有的砷全部通过消化

道摄入，平均的砷摄入量也低于加拿大儿童每天从食物和水中摄入砷的平均水平（大约每千克体重0.6 μg）。

科学家还发现第一次冲洗手就可以洗去手上的大部分砷。这个发现可以作为一个建议，告诉那些孩子经常到有CCA处理的木质设施的操场上玩耍以及希望玩得安全的人。

—Scott Fields

译自 EHP 112:A824–A825 (2005)